

**THIS PAGE IS INSERTED BY OIPE SCANNING  
AND IS NOT PART OF THE OFFICIAL RECORD**

**Best Available Images**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

**BLACK BORDERS**

**TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT**

**BLURRY OR ILLEGIBLE TEXT**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLORED PHOTOS HAVE BEEN RENDERED INTO BLACK AND WHITE**

**VERY DARK BLACK AND WHITE PHOTOS**

**UNDECIPHERABLE GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE THE BEST AVAILABLE  
COPY. AS RESCANNING *WILL NOT*  
CORRECT IMAGES, PLEASE DO NOT  
REPORT THE IMAGES TO THE  
PROBLEM IMAGE BOX.**

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 44 17 489 A 1

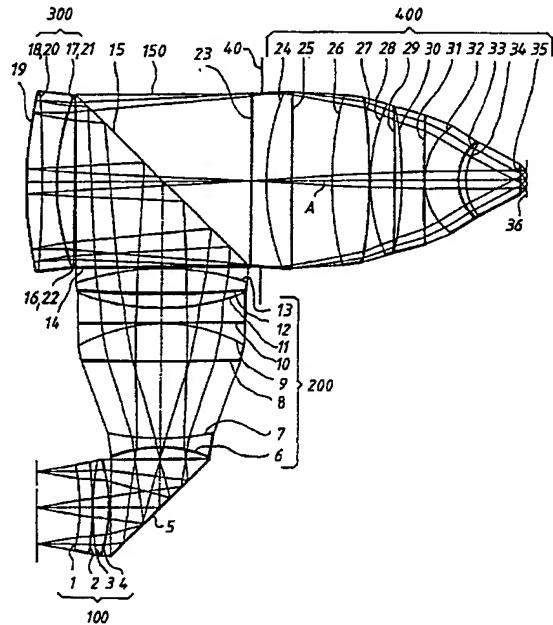
⑯ Int. Cl. 6:  
**G 02 B 17/08**  
G 02 B 13/22  
G 02 B 13/24  
G 03 F 7/20

⑯ Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

⑯ Erfinder:  
Fürter, Gerd, 73479 Ellwangen, DE

⑯ Höchstaperturiges katadioptrisches Reduktionsobjektiv für die Mikrolithographie

⑯ Katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit Hohlspiegel (19), Strahlteiler (15) und mehreren Linsengruppen (100, 200, 300, 400), wobei die Systemblende (40) zwischen Strahlteilerfläche (15) und Bild (36) angeordnet ist. NA = 0,7.



DE 44 17 489 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 95 508 047/238

9/33

DE 44 17 489 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit Hohlspiegel, Strahlteilerfläche und mehreren Linsengruppen.

Bei einem gattungsgemäßen Objektiv nach DE 42 03 464 ist die Systemblende am Ort des Hohlspiegels, auf der diesem zugekehrten Ein- und Austrittsfläche des Strahlteilers oder im Raum zwischen diesen angeordnet. Das gleiche gilt für EP 0 341 385, EP 0 350 955, EP 0 465 882 und EP 0 554 994. Bei derartigen Anordnungen liegt die höchste erreichbare numerische Apertur bei brauchbarer Bildqualität bei 0,60.

Bei der gattungsgemäßen Anordnung nach DE 41 10 296 ist die Blende an der Strahlteilerfläche des Strahlteilers angeordnet, wobei dieser reticelseitig in Transmission und waferseitig in Reflexion benutzt wird. Die Folgen sind:

- Die Blende ist nicht mehr variabel.
- Die elliptisch geformte Blende steht sehr schräg (ca. 45°) zur optischen Achse. Verschiedene Bildhöhen mit variierenden Hauptstrahlwinkeln an der Blende benutzen unterschiedlich große Blendenöffnungen, was zu Kontrast-, Telezentrie- und Intensitätsvariationen führt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit einer numerischen Apertur von deutlich größer als 0,60 zu realisieren, bei dem die Systemblende außerhalb der Strahlteilerfläche liegen soll.

Vorzugsweise sollen die Hauptstrahl- und Randstrahlwinkel am Strahlteiler klein genug sein, um einen Polarisations-Strahlteiler zu ermöglichen. Außerdem soll das Objektiv vorzugsweise beidseitig telezentrisch sein. Darüber hinaus soll der Strahlteiler unter diesen Rahmenbedingungen möglichst klein sein.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit den Merkmalen des Anspruches 1, wonach die Systemblende zwischen Strahlteilerfläche und Bild angeordnet ist.

Besonders vorteilhafte Ausführungsformen zeigen zudem Merkmale der Unteransprüche. Danach steht die Blendenebene bevorzugt im wesentlichen senkrecht zur optischen Achse und außerhalb eines die Strahlteilerfläche tragenden Strahlteilers. Insbesondere ist die Strahlteilerfläche diagonal in einem Strahlteilerwürfel — der auch von der geometrischen Idealförm eines Würfels abweichen kann — angeordnet und die Systemblende ist auf dessen bildseitiger Austrittsfläche oder zwischen dieser und der Bildebene angeordnet.

Die Probleme mit der schiefen Stellung der Blende und ihrer Unzugänglichkeit bzw. Unbeweglichkeit gemäß DE 41 10 296 sind damit ausgeschaltet.

Natürlich bleibt als Alternative die Verwendung einer schräg (ca. 45 Grad) gestellten Strahlteilerplatte.

Vorzugsweise wird der Strahlteiler im Lichtweg vom Gegenstand (Reticle) zum Hohlspiegel in Reflexion benutzt.

35 Zwischen Strahlteiler und Hohlspiegel wird eine zerstreuende Linsengruppe vorgesehen, um eine hohe Brechkraft und damit Korrekturwirkung des Hohlspiegels vereinen zu können mit möglichst kollimiertem Strahlengang am Strahlteiler. Vorzugsweise sind sowohl die Winkel der Hauptstrahlen als auch der Randstrahlen zur optischen Achse am Strahlteiler in Luft kleiner als 10°, noch besser kleiner als 5°. Dann kann die Strahlteilerfläche eine Polarisations-Strahlteilerfläche mit hohem Wirkungsgrad sein. In diesem Fall befindet sich ein Lambda-Viertel-Plättchen zwischen Strahlteilerfläche und Hohlspiegel.

Eine bildseitige Apertur von 0,70, jedenfalls größer als 0,60 ist realisierbar.

Geeignet ist die erfindungsgemäße Anordnung auch zur Aufnahme der Merkmale der Ansprüche 11—14, besonders auch der beidseitigen Telezentrie.

Ein solches Objektiv hat vorzugsweise die Abmessungen nach Anspruch 15, welche auch in Tabelle 1 wiedergegeben sind.

Verwendung findet ein solches Objektiv zur mikrolithographischen Projektion mit bildseitigen Strukturen im Submikronbereich und ist dazu in einen mikrolithographischen Projektionsapparat eingebaut.

Näher dargestellt wird die Erfindung mit einem Ausführungsbeispiel gemäß der Zeichnung, worin

Fig. 1a einen Linsenschnitt eines katadioptrischen Reduktionsobjektivs;

Fig. 1b einen vergrößerten Ausschnitt von Fig. 1a;

Fig. 2 schematisch einen mikrolithographischen Projektionsapparat zeigen.

Fig. 1a zeigt ein Beispiel eines erfindungsgemäßen 4 : 1-Reduktionsobjektivs für die Mikrolithographie mit den Linsengruppen 100, 200, 300, 400, der Strahlteilerfläche 15 im Strahlteiler 150 und mit dem Hohlspiegel 19. Das Objekt — ein Reticle — liegt bei 0, das Bild auf dem Wafer bei 36. Ein Umlenkspiegel 5 zwischen der ersten 55 100 und zweiten Linsengruppe 200 dient üblicherweise einem kompakteren Aufbau und erlaubt parallele Lagerung von Reticle 0 und Wafer 3. Von dieser Umlenkung und der Trennung der Linsengruppen 100, 200 kann jedoch auch abgesehen werden. Tabelle 1 gibt die Radien und Abstände aller optisch wirksamen Flächen 1 bis 35. Glasart ist einheitlich Quarz. Die Strahlteilerfläche 15 ist diagonal im Strahlteilerwürfel 150 mit den Grenzflächen 14 (Eintritt), 16 bzw. 22 (Aus- und Eintritt spiegelseitig) und 23 (Austritt bildseitig) angeordnet.

60 Dieses Beispiel ist ausgelegt für die Wellenlänge 248,38 nm. Es ist beidseitig telezentrisch mit Hauptstrahlwinkel unter 0,2°. Der freie Arbeitsabstand ist 40 mm (0—1) reticelseitig und 6 mm (35—36) waferseitig.

Die erreichte numerische Apertur ist  $NA = 0,70$  bei einem Bildkreisdurchmesser von 20 mm.

Die Blende 40 liegt 17 mm waferseitig vom Strahlteilerwürfel 150 (Austrittsfläche 23) entfernt. Soll abgebunden und die Telezentrie im Waferraum (36) exakt gehalten werden, dann kann die Blende 40 beim Abblenden in Richtung Strahlteilerwürfel 150 (Austrittsfläche 23) bewegt werden. Der Grenzwert für die geschlossene Blende wäre die Austrittsfläche 23 des Strahlteilerwürfels 150.

Dies empfiehlt sich, da der Systemteil vor der Blende 40 bezüglich der Petzvalsumme stark überkorrigiert ist und diese Überkorrektion nur teilweise durch negative sphärische Pupillenaberration ausgeglichen wird.

Die Systemblende 40 kann sowohl als spezielles, auch verstellbares, Bauteil, oder durch eine Linsenfassung oder einen Tubus verkörpert sein.

Anhand eines Ausschnitts der Fig. 1a zeigt Fig. 1b, daß die Hauptstrahlwinkel Alfa und die Randstrahlwinkel Beta am Strahlteilerwürfel 150 in Luft unter 5° liegen, der Randstrahlwinkel Beta am bildseitigen Ausgang sogar unter 4°. Im beschriebenen Beispiel sind die Randstrahlwinkel Beta bewußt in der Größenordnung der Hauptstrahlwinkel Alfa und divergent gehalten worden. Je größer die Hauptstrahlhöhen im Strahlteilerwürfel 150, desto geringer die Randstrahlhöhen und damit die Bündelquerschnitte. So lassen sich die Durchstoßhöhen der äußersten Komastrahlen im Strahlteilerwürfel 150 ungefähr konstant halten.

Die Strahlhöhen im Strahlteilerwürfel 150 sind also nirgends größer als am bildseitigen Ausgang 23, nahe dem Ort der Systemblende 40.

Dort aber sind die Strahlhöhen bzw. ist der Blendendurchmesser durch den vorgegebenen Lichtleitwert 0,70  $\times 20 = 14$  und den gewählten Hauptstrahlwinkel von knapp 4,5° im wesentlichen festgelegt. Der Blendendurchmesser 40 und die Kantenlänge des 45°-Strahlteilerwürfels 150 sind ca. 190 mm.

Braucht die Polarisationsstrahlteilerfläche 15 aus belegungstechnischen Gründen in Reflexion oder Transmission kollimierteres Licht, so läßt sich dies zwar im Design berücksichtigen, geht aber zu Lasten der Durchmesser.

Die in Verbindung mit einer Polarisationsstrahlteilerfläche 15 erforderliche Lambda-Viertel-Schicht kann auf eine der Flächen 16 bis 19 aufgebracht sein oder zwischen den genannten Flächen als Folie oder Planplatte eingefügt sein.

Die Strahlteilerfläche 15 wird in diesem Beispiel zuerst in Reflexion und dann in Transmission benutzt. Das Umgekehrte wäre ebenfalls möglich.

Außerdem ist anstelle des Strahlteilerwürfels 150 eine unter 45° stehende Strahlteilerplatte denkbar. Diese Ausführung erfordert für den Gebrauch in Transmission streng kollimiertes Licht, was leichter erreichbar ist, wenn zuerst transmittiert und dann reflektiert wird.

Das vorliegende Design hat eine stark zerstreuende Linse 300 zwischen Strahlteilerfläche 15 und Hohlspiegel 19. Nur so läßt sich Licht mit kleinen Randstrahlwinkeln durch den Strahlteilerwürfel 150 führen, ohne daß die für eine ausreichende Korrekturwirkung notwendige Brechkraft des Spiegels 19 zu sehr reduziert wird.

Im Gegensatz zu den oben aufgeführten vorbekannten Objektiv-Konstruktionen (selbst zu DE 41 10 296) baut der waferseitige Objektivteil (Linsengruppe 400) sehr lang. Besonders auffallend ist der große Luftraum zwischen den Flächen 25 und 26.

Bei bild-(wafer)seitiger Telezentrie liegt der vordere Hauptpunkt dieser Linsengruppe 400 um den Betrag der Brennweite hinter der Blende 40. Bei einer Bildhöhe von 10 mm und dem Hauptstrahlwinkel von knapp 4,5° ist die Brennweite 128 mm, der vordere Hauptpunkt also rund 128 mm von der Austrittsfläche 23 des Strahlteilers 150 entfernt. Der Abstand vom Strahlteiler 150 zum Bild 36 (Wafer) ist erfundungsgemäß sogar deutlich größer als das Doppelte der Brennweite (bei DE 41 10 296 ist dieser Abstand etwa das 1,5fache der Brennweite, bei allen anderen zitierten Anmeldungen ist er noch kleiner). Diese Maßnahme unterstützt die Anordnung der Systemblende 40 außerhalb des Strahlteilers 150.

Ansonsten besteht diese Linsengruppe 400 aus stark sammelnden Untergruppen 24, 25, 26, 27, 28–31, 32–35, wobei zwischen den Flächen 29, 30 ein zerstreuender Luftraum zur Korrektion von sphärischer Aberration und Koma höherer Ordnung ist und zwischen den Flächen 33 und 34 ein zerstreuender Luftraum zur Korrektion von Verzeichnungen und Astigmatismus höherer Ordnung angeordnet ist.

Der objektseitige Objektivteil besteht aus zwei Linsengruppen: Aus einer sammelnden Gruppe 100, bestehend aus zwei Linsen 1, 2, 3, 4, welche u. a. die Telezentrität besorgt, und aus einer zweiten Linsengruppe 200, bestehend aus der zerstreuenden Linse 6, 7 und aus der sammelnden Gruppe mit den Flächen 8 bis 13 mit einem korrigierenden zerstreuenden Luftraspalt zwischen den Flächen 11 und 12.

Ein Umlenkspiegel 5 zwischen den Flächen 4 und 6 ist optional und wird gewöhnlich vorgesehen, um eine kompakte Anordnung mit paralleler Lage von Reticle 0 und Wafer 36 zu erzielen.

Im Gegensatz zu den vorbekannten Objektiv-Konstruktionen baut dieser objektseitige Objektivteil sehr kurz.

Die Brennweite dieses Objektivteils ist wegen des Abbildungsmaßstabs des Gesamtobjektivs von 4 : 1 und wegen der brechkraftschwachen Kombination aus Linse 300 und Hohlspiegel 19 nahe beim 4fachen der Brennweite der waferseitig (von der Blende 40) liegenden Linsengruppe 400, und zwar 556 mm. Die Brennweite dieses Objektivteils ist also relativ gering zur Schnittweite für den telezentrischen Hauptstrahl, nämlich dem Abstand der Linse 12, 13 zur Systemblende 40. Um dies zu erreichen, wirkt die stark zerstreuende Brechkraft der Linse 6, 7 zusammen mit der stark sammelnden Brechkraft der Untergruppe 8 bis 13 als Retrofokusaufbau. Vom Strahlteiler 15 aus zurückblickend wirkt dieser Aufbau als Tele-Aufbau mit entsprechend kurzer Schnittweite. Dementsprechend ist die Baulänge dieses Objektivteils (ca. 400 mm) deutlich kleiner als seine Brennweite.

Die monochromatische Abbildungsgüte dieser Optik entspricht den Anforderungen der Mikrolithographie.

Der leistungsbegrenzende Farbfehler, die chromatische Längsaberration, ist weniger als halb so groß wie bei herkömmlichen reinen Linsen-Objektiven gleicher Spezifikation. Dieser Bildfehler läßt sich zusätzlich halbieren, wenn die 4 Sammellinsen hinter der Blende statt aus Quarz aus Flußspat gefertigt werden. Durch Einführen von gelösten Quarz-Flußspat-Kittgliedern ließe sich die Achromatisierung noch weiter verbessern.

Die Erfindung umfaßt daher auch achromatisierte Objektive und läßt sich ebenso bei anderen Wellenlängen einsetzen.

Fig. 2 zeigt die Integration dieses katadioptrischen Reduktionsobjektivs 41 nach Fig. 1a in einem mikrolithographischen Projektionsapparat, bekannt als Wafer Stepper. In der Objektebene des Objektivs 41 ist ein Reticle 42 mit einer x-y-z-Positioniereinheit 421 positioniert. Das Reticle 42 wird mit Licht einer geeigneten Wellenlänge von einer Lichtquelle 44, z. B. einem Excimerlaser, beleuchtet. In der Bildebene des Objektivs 41 ist ein Wafer 43 mittels einer zweiten x-y-z-Positioniereinheit 431 angeordnet.

Tabelle 1

Wellenlänge Lambda = 248,38 nm numerische Apertur NA = 0,70  
 5 Abbildungsmaßstab  $\beta$  = - 0,25 Glas: Quarz n = 1,508338

Nr.	Radius	Dicke	Glas
10		46,25	
1	-210,36	13,36	Quarz
2	-510,81	1,00	
15	360,18	16,63	Quarz
4	-174,55	55,17	
20	5 Plan	55,00	
6	-133,61	9,70	Quarz
25	274,40	85,10	
8	2016,25	41,88	Quarz
30	-173,29	1,04	
10	Plan	15,60	Quarz
35	11 251,70	14,80	
12	1004,4	28,71	Quarz
13	-282,11	1,01	
40	14 Plan	95,50	Quarz
15	Plan	95,50	Quarz
45	16 Plan		

50

55

60

65

			18,47	
17	-280,11		16,14	Quarz
18	1577,8		16,10	
19	-455,9	Spiegel	16,10	
20	-1578,0		16,14	Quarz
21	280,11		18,47	
22	Plan		191,0	Quarz
23	Plan		16,08	
24	269,14		26,98	
25	12084		44,08	
26	350,03		40,86	Quarz
27	-596,96		1,01	
28	208,82		26,70	Quarz
29	-2124,5		7,08	
30	-436,19		24,52	Quarz
31	1966,2		1,01	
32	72,921		35,53	Quarz
33	51,743		9,02	
34	64,826		59,68	Quarz
35	2727,8		6,36	
36				Bild (Wafer)

## Patentansprüche

1. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv mit Hohlspiegel (19), Strahlteiler (15) und mehreren Linsengruppen (100, 200, 300, 400), dadurch gekennzeichnet, daß die Systemblende (40) zwischen Strahlteilerfläche (15) und Bild (36) angeordnet ist. 50
2. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenebene (40) unter einem Winkel von 80 Grad bis 100 Grad, insbesondere 90 Grad, zur optischen Achse (A) steht. 55
3. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilerfläche (15) an einem Strahlteiler (150) als Tragkörper angeordnet ist und die Systemblende (40) außerhalb des Strahlteilers (150) angeordnet ist. 60
4. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilerfläche (15) diagonal in einem Strahlteilerwürfel (150) angeordnet ist und die Systemblende (40) auf der bildseitigen Austrittsfläche (23) oder zwischen dieser und der Bildebene (36) angeordnet ist. 65
5. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilerfläche (15) im Lichtweg vom Gegenstand (0) zum Hohlspiegel (19) in Reflexion benutzt wird. 65
6. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Strahlteilerfläche (15) und Hohlspiegel (19) eine zerstreuende Linsengruppe (300) angeordnet ist.

DE 44 17 489 A1

7. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptstrahl- und Randstrahlwinkel zur optischen Achse (A) in Luft am Strahlteiler (150) kleiner als 100, vorzugsweise kleiner als 50 sind.

5 8. Katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlteilerfläche (15) ein Polarisations-Strahlteiler ist und zwischen ihr und dem Hohlspiegel (19) eine Lambda-Viertel-Schicht angeordnet ist.

9. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet, daß die bildseitige Apertur mindestens 0,60 vorzugsweise 0,70 ist.

10. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–9, gekennzeichnet durch die Korrektur für Laserlicht bei einer Wellenlänge im UV- oder DUV-Bereich.

11. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei Linsengruppen (100, 200) vor dem Strahlteiler (15) ein ebener Umlenkspiegel (5) angeordnet ist.

12. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–11, dadurch gekennzeichnet, daß alle Linsenelemente (100, 200, 300, 400) und der Strahlteiler (15) aus dem gleichen Material gefertigt sind.

15 13. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–12, gekennzeichnet durch beidseitige Telezentrie.

14. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–13, gekennzeichnet durch einen Abbildungsmaßstab im Bereich –0,5 bis 0,10, vorzugsweise rund –0,25.

15 20 15. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–14, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand von der Systemblende (4) zum Bild (36) größer als das Doppelte der Brennweite der zwischen Strahlteilerfläche (15) und Bild (36) liegenden Linsengruppe (400) ist.

16. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1–15, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand vom Strahlteiler (150) zum Objekt (0) kleiner ist als die Brennweite der dazwischenliegenden Linsengruppen (100, 200).

25 17. Objektiv nach den Ansprüchen 1–16, gekennzeichnet durch folgende Daten:

Wellenlänge Lambda = 248,38 nm numerische Apertur NA = 0,70  
Abbildungsmaßstab  $\beta$  = - 0,25 Glas: Quarz n = 1,508338

30	Nr.	Radius	Dicke	Glas
			46,25	
35	1	-210,36	13,36	Quarz
	2	-510,81	1,00	
40	3	360,18	16,63	Quarz
	4	-174,55	55,17	
45	5	Plan	55,00	
	6	-133,61	9,70	Quarz
50	7	274,40	85,10	
	8	2016,25	41,88	Quarz
55	9	-173,29	1,04	
	10	Plan	15,60	Quarz
60	11	251,70	14,80	
	12	1004,4	28,71	Quarz
65	13	-282,11	1,01	
	14	Plan	95,50	Quarz

15	Plan	95,50	Quarz	
16	Plan	18,47		5
17	-280,11	16,14	Quarz	
18	1577,8	16,10		10
19	-455,9	Spiegel 16,10		
20	-1578,0	16,14	Quarz	
21	280,11	18,47		15
22	Plan	191,0	Quarz	
23	Plan	16,08		20
24	269,14	26,98		
25	12084	44,08		25
26	350,03	40,86	Quarz	
27	-596,96	1,01		30
28	208,82	26,70	Quarz	
29	-2124,5	7,08		35
30	-436,19	24,52	Quarz	
31	1966,2	1,01		40
32	72,921	35,53	Quarz	
33	51,743	9,02		
34	64,826	59,68	Quarz	45
35	2727.8	6,36		
36			Bild (Wafer)	50

18. Objektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1—17, gekennzeichnet durch die Verwendung zur mikrolithographischen Projektion mit bildseitigen Strukturen im Submikronbereich.

19. Mikrolithographischer Projektionsapparat, dadurch gekennzeichnet, daß ein katadioptrisches Reduktionsobjektiv nach mindestens einem der Ansprüche 1—18 enthalten ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

60

65

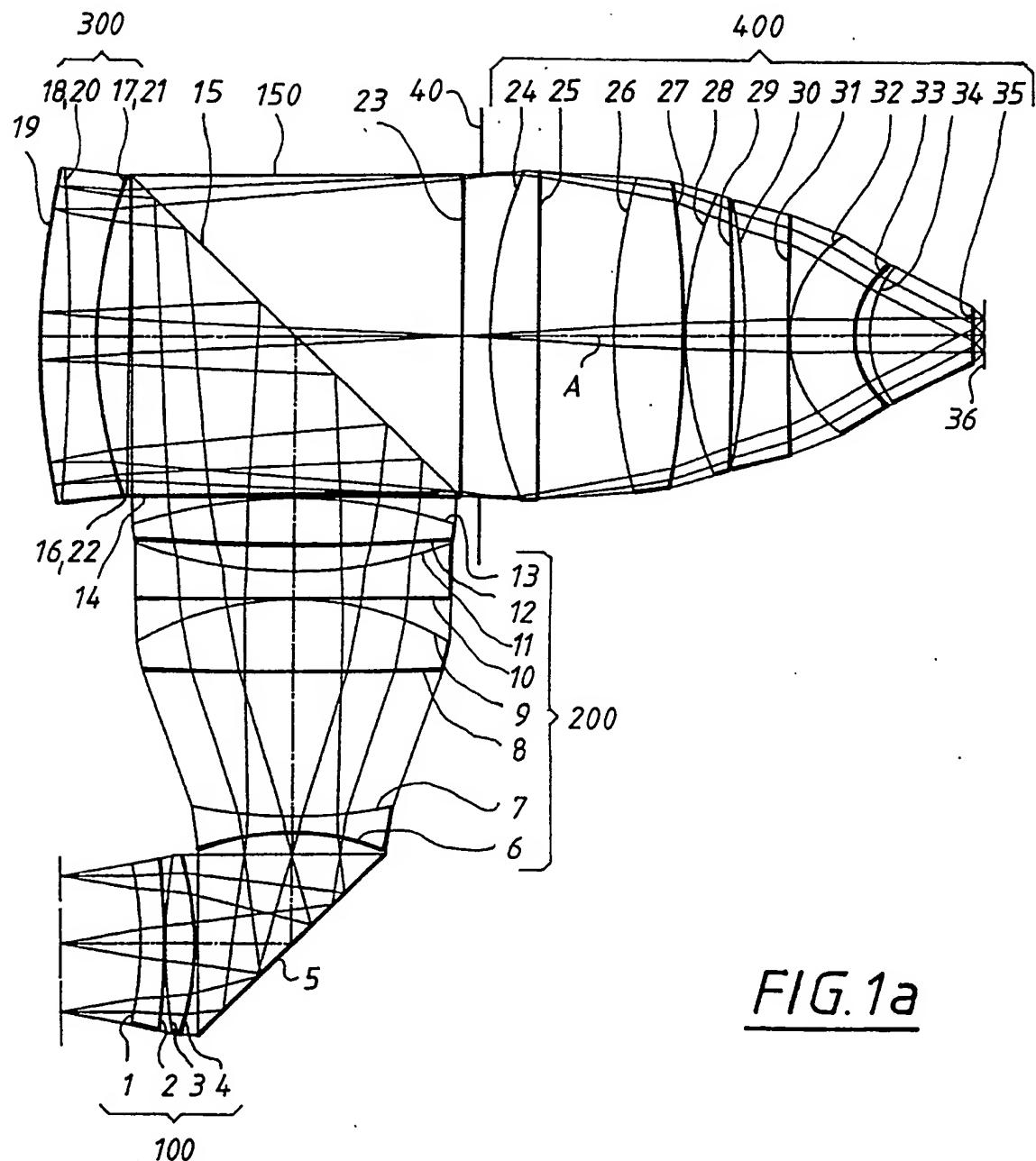


FIG. 1a

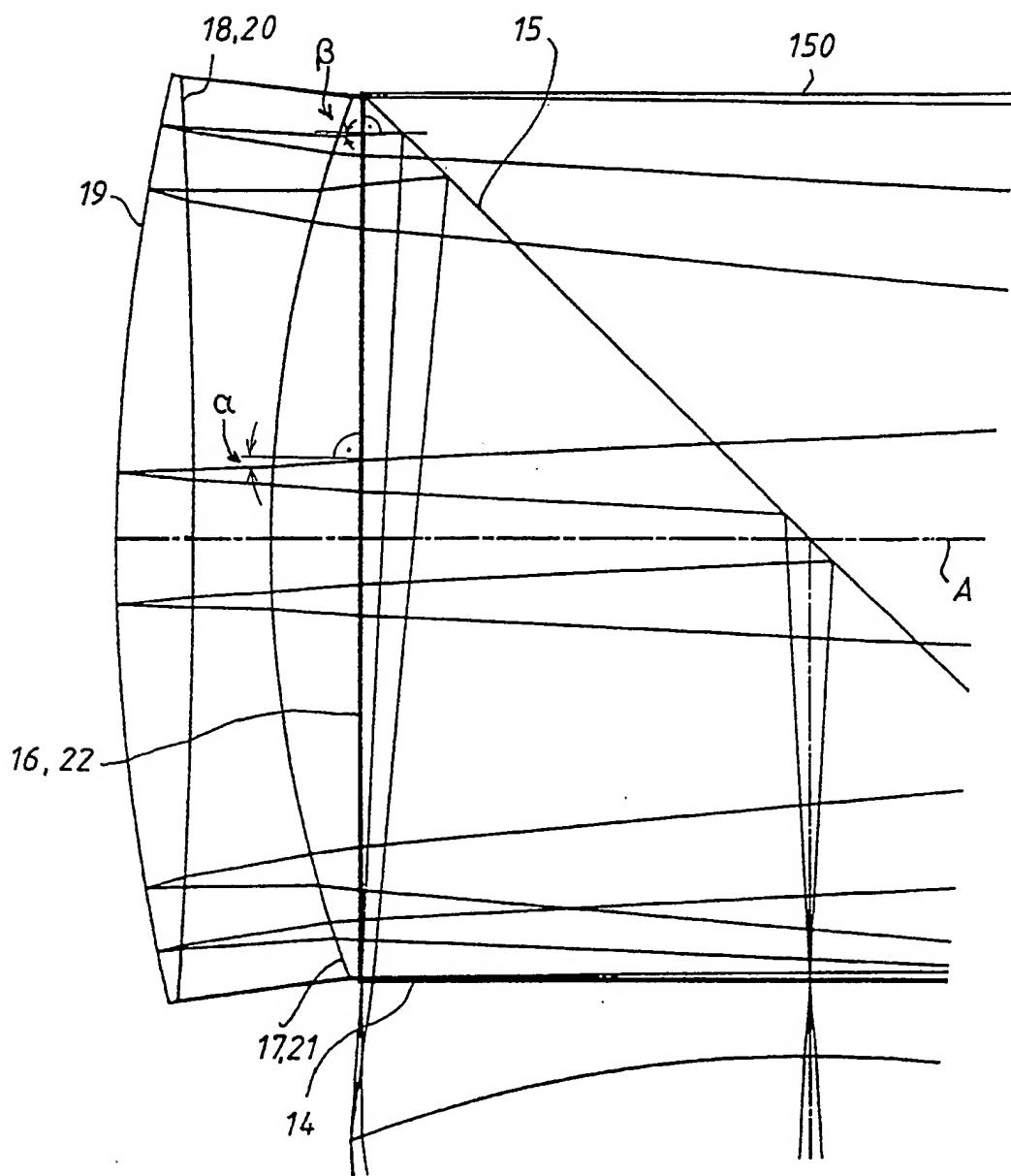
FIG. 1b

FIG. 2